

Документ подписан простой электронной подписью
 Информация о владельце:
 ФИО: Макушев Андрей Евгеньевич
 Должность: Ректор
 Дата подписания: 10.07.2025 16:22:58
 Уникальный программный ключ:
 4c46f2d9dda3fafb9e57683d11e5a4257b6ddfe

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
"Чувашский государственный аграрный университет"
(ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ)
 Кафедра Механизации, электрификации и автоматизации с/х производства

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной
и научной работе



Л.М. Корнилова

28.02.2023 г.

2.1.6.1

Расчет и проектирование теплообменных установок пищевой промышленности

рабочая программа дисциплины (модуля)

4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 108

в том числе:

аудиторные занятия 16

самостоятельная работа 92

Виды контроля:

зачет с оценкой

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	4 (2.2)		Итого	
Неделя	4			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	8	8	8	8
Практические	8	8	8	8
Итого ауд.	16	16	16	16
Контактная работа	16	16	16	16
Сам. работа	92	92	92	92
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

канд. техн. наук, доц., Белов Е.Л.

При разработке рабочей программы дисциплины (модуля) "Расчет и проектирование теплообменных установок пищевой промышленности" в основу положены:

1. Федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) (приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951).
2. Учебный план: 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса, одобренный Ученым советом ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ от 28.02.2023 г., протокол № 11.

Рабочая программа дисциплины (модуля) проходит согласование с использованием инструментов электронной информационно-образовательной среды Университета.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой Мардарьев С.Н.

Заведующий выпускающей кафедрой Мардарьев С.Н.

Председатель методической комиссии факультета Гаврилов В.Н.

Директор научно-технической библиотеки Викторова В.А.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	
1.1	Цель дисциплины – приобретение аспирантами теоретических знаний и практических навыков по расчету и конструированию теплообменных установок пищевой промышленности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП	
Цикл (раздел) ОПОП:	2.1.6
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Научно-педагогическая практика
2.1.2	Использование статистических методов и компьютерного моделирования в агроинженерии
2.1.3	Основы и методология научных исследований
2.1.4	Педагогика и психология высшей школы
2.1.5	Научно-исследовательская практика
2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
ОР–2. Освоенные дисциплин, предусмотренные учебным планом программы. Результаты обучения по дисциплинам устанавливаются программами дисциплин

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1 Знать:	
3.1.1	- учебный материал в объеме рабочей программы по дисциплине;
3.1.2	- теорию организации проектно-конструкторской работы и стадии разработки технической документации на разрабатываемом оборудовании;
3.1.3	- общие принципы проектирования оборудования на заданный технологический процесс;
3.1.4	- общие и специальные методы проектирования и расчета машин и аппаратов пищевых производств;
3.1.5	- основы экспериментальных методов исследования машин и аппаратов.
3.2 Уметь:	
3.2.1	- составлять и использовать конструкторскую документацию;
3.2.2	- переходить от реальной конструкции к расчетной схеме и наоборот;
3.2.3	- проводить расчеты оборудования на прочность, жесткость, устойчивость и надежность, том числе с использованием ЭВМ;
3.2.4	- в необходимом объеме определять кинематические, динамические и конструктивные характеристики элементов технологических машин и аппаратов;
3.2.5	- проводить исследования машин и аппаратов пищевых производств с целью улучшения надежности работы оборудования и улучшения качества выпускаемой продукции.
3.3 Иметь навыки и (или) опыт деятельности:	
3.3.1	- опыта работы с нормативными и техническими документами, необходимыми для рационального использования оборудования;
3.3.2	- владения методами расчета аппаратов для осуществления процессов пищевых производств.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)							
Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Прак. подг.	Примечание
Раздел 1.							
Тепловые процессы. /Лек/	4	2	ОР–2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	0	
Тепловые процессы. /Пр/	4	2	ОР–2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	0	разработка проекта

Теплообменные аппараты /Лек/	4	2	ОР–2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	0	
Теплообменные аппараты /Пр/	4	2	ОР–2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	0	
Получение и применение холода /Лек/	4	2	ОР–2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	0	
Получение и применение холода /Пр/	4	2	ОР–2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	0	разработка проекта
Выпаривание и выпарные установки /Лек/	4	2	ОР–2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	0	
Выпаривание и выпарные установки /Пр/	4	2	ОР–2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	0	
Тепловые процессы. Цели нагревания и охлаждения. Классификация тепловых процессов. Способы передачи теплоты: теплопроводностью, конвекцией и излучением. Уравнения, описывающие перенос теплоты: Фурье, Ньютона, Фурье-Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Планка, Эйнштейна. Теплопередача через стенку. Вывод основного уравнения теплопередачи. Электрофизические и нетрадиционные методы обработки пищевых материалов: инфракрасный нагрев, воздействие электромагнитных и ультрафиолетовых полей, ультразвука. Импульсные и пульсационные методы обработки пищевых продуктов, обработка магнитными полями, электроконтактный метод, термопластическая обработка. /Ср/	4	16	ОР–2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	0	опрос

Теплообменные аппараты. Основные принципы классификации теплообменных аппаратов. Рекуперативные, регенеративные и контактные теплообменники. Характеристика основных типов теплообменных аппаратов. Теплофизические характеристики теплоносителей: нагретых газов, пара, воды, высококипящих теплоносителей, электричества. Коэффициент теплоотдачи при взаимодействии потоков с поверхностями. Водяной пар, как теплоноситель, его энтальпия. Использование пара высокого давления в аппаратах и печах пищевой промышленности. Вода. Сравнение воды и пара как теплоносителей. Высококипящие теплоносители: минеральные и органические (ВОТ). Теплофизические характеристики ВОТ, сравнение их с водяным паром. Электрические теплообменники. План и методика расчета теплообменных аппаратов. Расчет полезного теплового потока. Определение коэффициентов теплопередачи и теплоотдачи при различных режимах движения потоков. Определение средней разности температур при прямотоке, противотоке, смешанном токе. Основы конструктивного расчета теплообменников. Основы расчета гидравлических потерь в теплообменнике. Механический расчет теплообменного аппарата. Энергетический и эксергетический КПД теплообменного аппарата. Методы интенсификации теплообмена и повышение технико-экономических показателей. /Ср/	4	18	ОР–2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	0	опрос
--	---	----	------	--	---	---	-------

Получение и применение холода. Термодинамические основы охлаждения. Реальные газы и конденсированное состояние. Эффект Джоуля-Томсона. T-S диаграмма состояния веществ. Холодильные циклы. Компрессионные, каскадные, парожетторные и адсорбционные холодильные машины. Охлаждение и замораживание пищевых продуктов. Транспортировка замороженных продуктов. Подготовительные операции. Технология обработки холодом пищевых продуктов и сырья. Промышленное производство быстрозамороженных продуктов. Технология быстрого замораживания. Потери массы при замораживании, способы замораживания, морозильное оборудование. Использование замораживания при сублимационной сушке пищевых продуктов. Хранение замороженных пищевых продуктов. Технологическое кондиционирование воздуха. Теплофизические основы замораживания, кривые замораживания, продолжительность и скорость замораживания. Особенности тепло- и массообмена при осуществлении холодильной технологии. Процессы глубокого оживания. Оживание газов методом их дросселирования. /Ср/	4	20	ОР–2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	0	опрос
---	---	----	------	--	---	---	-------

Выпаривание и выпарные установки. Цели выпаривания. Применение выпаривания в пищевой промышленности, способы выпаривания: под вакуумом, под давлением и при атмосферном давлении. Однокорпусная вакуумная выпарная установка. Основы расчета. Общая и полезная разности температур при выпаривании. Потери разности температур на физико-химическую, гидростатическую и гидравлическую депрессии. Теплопередача в выпарных аппаратах, выбор оптимального уровня раствора в трубках. Материальный и тепловой балансы. Основы расчета однокорпусной выпарной установки: количества выпаренной воды, расхода греющего пара, теплопередающей поверхности, коэффициентов испарения и самоиспарения. Многокорпусное выпаривание. Схемы многокорпусных выпарных установок: прямоточная, противоточная и др. Сравнительный анализ работы установок. Основы расчета многокорпусной выпарной установки: общего количества выпаренной воды и распределение выпаренной воды по корпусам, концентрации раствора по корпусам, температуры кипения в каждом корпусе. Правила Бабо и Дюринга для определения температуры кипения растворов. Расчеты расхода греющего пара первого корпуса и коэффициентов теплопередачи в корпусах. Распределение суммарной полезной разности температур по корпусам из условий равенства поверхностей нагрева корпусов и при минимальной суммарной поверхности нагрева всех корпусов. Выбор оптимального числа корпусов установки. Конструкции выпарных аппаратов: с центральной циркуляционной трубой, пленочного, роторно-пленочного, с тепловым насосом и с принудительной циркуляцией. Сгущение растворов методом криоконцентрирования. Сравнительный анализ сгущения методом выпаривания и криоконцентрирования. /Ср/	4	18	ОР–2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	0	опрос
--	---	----	------	--	---	---	-------

Конденсация и конденсаторы. Области практического применения конденсации. Типы конденсаторов - поверхностные и смешения, основные схемы и их анализ. Температурные кривые теплоносителей в конденсаторах. Расчет поверхностного конденсатора и его устройство. Расчет барометрического конденсатора смешения. Определение удельного расхода охлаждающей воды, мощности вакуум-насоса, высоты барометрической трубы, диаметра патрубков, расстояний между полками, числа полок и площади сектора для прохода пара. Определение габаритных размеров конденсатора. Особенности конденсации пара в вакууме ниже тройной точки. Промышленное применение конденсации пара в твердое агрегатное состояние. /Ср/	4	20	ОР-2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	0	опрос
Зачет с оценкой /ЗачётСОц/	4	0	ОР-2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	0	0	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Примерный перечень вопросов к зачету

1. Какое явление называют теплопроводностью?
2. Что такое температурное поле, изотермическая поверхность и температурный градиент?
3. Запишите и сформулируйте закон теплопроводности Фурье.
4. Каков физический смысл и размерность коэффициента теплопроводности?
5. От каких факторов зависит коэффициент теплопроводности?
6. Запишите уравнения теплопроводности плоской и цилиндрической стенок.
7. Как определяется коэффициент теплопроводности по методу цилиндрического слоя?
8. Какой способ переноса теплоты называется конвекцией?
9. Сформулируйте понятие естественной конвекции.
10. Какой процесс переноса теплоты называется теплоотдачей?
11. От каких факторов зависит коэффициент теплоотдачи, в каких единицах измеряется?
12. Запишите критериальное уравнение для случая естественной (свободной) конвекции.
13. Каким образом зависит коэффициент теплоотдачи от температурного напора?
14. Какой способ переноса теплоты называется вынужденной конвекцией?
15. Каким образом определяется коэффициент теплоотдачи в зависимости от значения критерия Рейнольдса?
16. Перечислите основные критерии теплового подобия и сформулируйте их физический смысл.
17. Запишите уравнение теплового баланса для данной установки.
18. Дайте определение тепловому излучению.
19. По какому уравнению определяется тепловой поток, переходящий от более нагретого тела к менее нагретому посредством излучения?
20. Как рассчитывается общий коэффициент теплоотдачи при сложном теплообмене?
21. Какие процессы называют теплоотдачей и теплопередачей?
22. Как рассчитываются коэффициенты теплоотдачи от горячего теплоносителя к разделяющей стенке и от стенки к холодному теплоносителю?
23. Сформулируйте физический смысл и укажите размерность коэффициента теплопередачи.
24. Каким образом рассчитывается коэффициент теплопередачи при передаче тепла через однослойную и многослойную плоские стенки?
25. Как определяется средняя движущая сила процесса теплопередачи при различных взаимных направлениях теплоносителей?
26. Что является целью расчета теплообменного аппарата?
27. Перечислите основные типы конструкций поверхностных теплообменников.
28. Каким образом определяют опытный и расчетный коэффициенты теплопередачи в представленной работе?
29. Что называется процессом конвективного теплообмена?
30. По какому уравнению определяется количество теплоты, переданное в процессе теплоотдачи?
31. Каким образом определяется коэффициент теплоотдачи при свободном движении теплоносителя?
32. От чего зависят коэффициент C и показатель степени n в критериальном уравнении при естественной конвекции.
33. Как называется совместный перенос теплоты путем конвекции и теплопроводности?
34. Как запишется уравнение Ньютона-Рихмана для неустановившегося процесса теплоотдачи?
35. Что такое теплопередача?

36. Запишите уравнение теплопередачи для нестационарного режима. 37. Каков физический смысл коэффициента теплопередачи? 38. Что такое естественная и вынужденная конвекция? 39. Дайте определение процессу парообразования. 40. Что называют пузырьчатым и пленочным кипением? 41. Каким образом рассчитывается коэффициент теплоотдачи при кипении при естественной и вынужденной конвекции? 42. Как определяется опытное значение коэффициента теплоотдачи в данной работе? 45. Дайте определение процессу теплопередачи. 45. Как определяется опытное значение коэффициента теплопередачи для нестационарного режима процесса теплопередачи? 47. Запишите уравнение, по которому определяется тепловая нагрузка аппарата в данной работе? 48. Каким образом рассчитывается коэффициент теплоотдачи от жидкости к стенке аппарата с мешалкой? 49. Как проводится расчет коэффициента теплоотдачи от стенки аппарата к охлаждающей воде? 50. Что называется процессом конденсации пара? 51. Какие существуют виды конденсации в зависимости от смачиваемости поверхности? 52. Запишите обобщенное уравнение для определения коэффициента теплоотдачи при пленочной конденсации. 53. Как определяются коэффициенты теплоотдачи при конденсации пара для пучка вертикальных и горизонтальных труб?
5.2. Примерный перечень вопросов к экзамену
Не предусмотрено учебным планом.
5.3. Тематика курсовых работ (курсовых проектов)
Не предусмотрено учебным планом.
5.4. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля
Темы для рефератов Тема 1. Тепловые процессы. - Цели нагрева и охлаждения. - Классификация тепловых процессов. - Способы передачи теплоты: теплопроводностью, конвекцией и излучением. - Уравнения, описывающие перенос теплоты: Фурье, Ньютона, Фурье-Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Планка, Эйнштейна. - Теплопередача через стенку. Вывод основного уравнения теплопередачи. - Электрофизические и нетрадиционные методы обработки пищевых материалов: инфракрасный нагрев, воздействие электромагнитных и ультрафиолетовых полей, ультразвука. - Импульсные и пульсационные методы обработки пищевых продуктов, обработка магнитными полями, электроконтактный метод, термопластическая обработка. Тема 2. Теплообменные аппараты. - Применения и классификация теплообменных аппаратов - Влияние теплогидравлических параметров теплообменного оборудования на эффективность и экономичность технологических установок. - Основные конструкции теплообменных аппаратов. - Кожухотрубные теплообменные аппараты. Конструкция и применение. - Кожухотрубные вертикальные теплообменные аппараты. Особенности конструкции и применение. - Теплообменные аппараты типа «труба в трубе». Конструкция и применение - Пластинчатые теплообменники для жидких и газообразных теплоносителей. Конструкции и применение. - Змеевиковые, спиральные теплообменники. Их конструкции. - Трубчато-ребристые теплообменные аппараты. Конструкция и применение. - Спиральные теплообменные аппараты. Конструкция и применение. - Пластинчато-ребристые теплообменники. Конструкция и применение. - Характерные параметры теплоносителей в теплообменных аппаратах - скорости температуры, коэффициенты теплоотдачи. - Виды расчета теплообменных аппаратов - тепловой конструктивный, поверочный гидравлический и др. - Классификация и краткая характеристика основных методов расчета теплообменных аппаратов. - Определение тепловой нагрузки аппарата по градиенту температур теплоносителя на поверхности теплообмена. - Последовательность теплового, конструктивного и компоновочного расчета кожухотрубного теплообменника. - Эффективность теплообменника. Ее физический смысл. Число единиц переноса. - Расчет коэффициентов теплоотдачи в теплообменных аппаратах в случае их зависимости от температуры поверхности теплообмена. - Оребренные трубчатые теплообменники. Конструкции и применение Характеристики оребрения. Технология оребрения. - Эффективность оребрения. Эффективность оребренной поверхности. - Расчет коэффициента теплопередачи для оребренных поверхностей. - Гидравлический расчет теплообменных аппаратов. - Основные виды гидравлических потерь в теплообменниках. - Определение требуемой мощности на прокачку теплоносителя. - Способы увеличения тепловой нагрузки в теплообменных аппаратах (оребрение, интенсификация теплообмена) - Регенеративные теплообменные аппараты Их основные конструкции. Преимущества и недостатки по сравнению

с рекуперативными.

27. H-d диаграмма влажного воздуха. Вид основных процессов обработки воздуха в H- d диаграмме.
28. Аппараты влажного воздуха. Их расчет при помощи коэффициента влаговываждения.
29. Уравнение теплового баланса теплообменного аппарата.
30. Эффективность теплообменника без фазового перехода теплоносителей
31. Коэффициент теплопередачи.

Тема 3. Получение и применение холода.

1. Способы получения низких температур. Фазовые превращения или основа машинной холодильной техники. Тепловые диаграммы T-S и P-h.
2. Обратный цикл Карно. Температурные напоры в процессах испарения и конденсации. Холодильный коэффициент.
3. Цикл с расширительным цилиндром, как основа компрессорной холодильной машины.
4. Цикл компрессорной холодильной машины с регулировочным вентилем (ТРВ).
5. Циклы компрессорной одноступенчатой холодильной машины при работе на аммиаке и на фреонах. Отображение циклов на тепловых диаграммах.
6. Циклы двухступенчатого сжатия с двойным регулированием и неполным промежуточным охлаждением.
7. Диаграмма температур затвердевания растворов. Эвтектическая точка. Выбор вида хладоносителя для конкретных условий работы холодильной установки.
8. Способы охлаждения - непосредственного батарейного, воздушного, рассольного. Принципиальные схемы установок. Схемы обвязки компрессора, испарителя.
9. Тепловой баланс холодильника. Методика расчет теплопритоков через ограждения, от термической обработки продукции с наружным воздухом при вентиляции камер и др.
10. Определение тепловой нагрузки на компрессоры и конденсатор.
11. Требования к вентиляции предприятий по первичной переработке с.-х. продукции. Оптимальные параметры воздуха.
12. Характеристики аммиака, хладонов и азеотропных смесей с точки зрения эффективности, отношений к воде и к смазочным маслам, техники безопасности.
13. Связь выбора аппаратного оформления холодильной установки с видом хладагента. Выбор материалов (сталей, прокладочных материалов, смазочных масел) в соответствии с видом хладагента.
14. Характеристика хладоносителей и требования к ним.
15. Классификация компрессоров для холодильных машин.
16. Конструкции одноступенчатых поршневых компрессоров. Основные детали и узлы (описание, устройство, применяемые материалы, смазка); системы условных обозначений и маркировок.
17. Поршневые многоступенчатые компрессоры. Их устройство, характеристики, смазка, подбор.
18. Ротационные компрессоры с катящимся ротором и пластинчатые. Область применения. Особенности эксплуатации. Достоинства и недостатки по сравнению с поршневым компрессором.
19. Винтовые компрессоры. Особенности конструкции; системы смазки. Достоинства и недостатки. Области рационального использования.
20. Действительные рабочие процессы одноступенчатого и двухступенчатого поршневых компрессоров. Отображение их на диаграммах P-V, ST и i lg P. Объемные потери действительного поршневого компрессора и коэффициенты, определяющие их.
21. Холодопроизводительность компрессора. Стандартные условия работы. Энергетические характеристики компрессора.
22. Тепловой расчет и подбор одноступенчатого и двухступенчатого компрессоров.
23. Конструкции конденсаторов. Тепловой расчет и подбор.
24. Конструкции испарителей. Тепловой расчет и подбор.
25. Ресиверы и их классификация. Назначение, конструкция.
26. Маслоотделители и маслособираатели.
27. Воздухоотделители. Фильтры-осушители и механические фильтры. Арматура и трубы. Насосы для хладагентов.
28. Особенности абсорбционных холодильных машин. Схемы и расчет абсорбционной установки.
29. Пароэжекторная холодильная машина. Схема. Отображение на тепловых диаграммах.
30. Назначение и классификация холодильного оборудования перерабатывающих предприятий.
31. Расчет вместимости или площади холодильника. Принципы планировки.
32. Виды и характеристики применяемых теплоизоляционных материалов. Расчет требуемой толщины изоляции.
34. Холодильные установки для сельского хозяйства. Особенности требований к холодильному оборудованию для сельского хозяйства. Типы, марки и характеристики холодильных установок.
35. Ледяное и льдосоляное охлаждение Способы заготовки льда. Хранение льда. Льдогенераторы и ледники. Системы льдосоляного охлаждения, их характеристики, достоинства, недостатки, область использования.
36. Схемы и уравнения теплового и влажного баланса кондиционируемого помещения.
37. Устройство кондиционеров и их технические характеристики. Типы и марки. Наладка работы и обслуживание кондиционеров.
38. Особенности работы установок кондиционирования при производстве и переработке с.-х. продукции.
39. Вентиляторы. Классификация, конструкции, области применения. Параллельная работа вентиляторов. Противошумовые устройства. Правила техники эксплуатации.
40. Калориферы. Типы, конструкции. Расчет и подбор. Приточные струи. Воздухораспределители, конструкции, технические характеристики, области использования.

Тема 4. Выпаривание и выпарные установки.

1. Цели выпаривания. Применение выпаривания в пищевой промышленности, способы выпаривания: под вакуумом, под давлением и при атмосферном давлении.
2. Однокорпусная вакуумная выпарная установка. Основы расчета. Общая и полезная разности температур при выпаривании. Потери разности температур на физико-химическую, гидростатическую и гидравлическую депрессии.

3.	Теплопередача в выпарных аппаратах, выбор оптимального уровня раствора в трубках.
4.	Материальный и тепловой балансы.
5.	Основы расчета однокорпусной выпарной установки: количества выпаренной воды, расхода греющего пара, теплопередающей поверхности, коэффициентов испарения и самоиспарения.
6.	Многокорпусное выпаривание. Схемы многокорпусных выпарных установок: прямоточная, противоточная и др. Сравнительный анализ работы установок.
7.	Основы расчета многокорпусной выпарной установки: общего количества выпаренной воды и распределение выпаренной воды по корпусам, концентрации раствора по корпусам, температуры кипения в каждом корпусе.
8.	Правила Бабо и Дюринга для определения температуры кипения растворов.
9.	Расчеты расхода греющего пара первого корпуса и коэффициентов теплопередачи в корпусах.
10.	Распределение суммарной полезной разности температур по корпусам из условий равенства поверхностей нагрева корпусов и при минимальной суммарной поверхности нагрева всех корпусов.
11.	Выбор оптимального числа корпусов установки.
12.	Конструкции выпарных аппаратов: с центральной циркуляционной трубой, пленочного, роторно-пленочного, с тепловым насосом и с принудительной циркуляцией.
13.	Сгущение растворов методом криоконцентрирования. Сравнительный анализ сгущения методом выпаривания и криоконцентрирования.
Тема 5. Конденсация и конденсаторы.	
1.	Области практического применения конденсации.
2.	Типы конденсаторов - поверхностные и смешения, основные схемы и их анализ.
3.	Температурные кривые теплоносителей в конденсаторах.
4.	Расчет поверхностного конденсатора и его устройство.
5.	Расчет барометрического конденсатора смешения.
6.	Определение удельного расхода охлаждающей воды, мощности вакуум-насоса, высоты барометрической трубы, диаметра патрубков, расстояний между полками, числа полок и площади сектора для прохода пара.
7.	Определение габаритных размеров конденсатора.
8.	Особенности конденсации пара в вакууме ниже тройной точки.
9.	Промышленное применение конденсации пара в твердое агрегатное состояние.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)				
6.1. Рекомендуемая литература				
6.1.1. Основная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л1.1	Остриков А. Н., Василенко В. Н., Фролова Л. Н., Терехина А. В.	Процессы и аппараты. Расчет и проектирование аппаратов для тепловых и тепломассообменных процессов: учебное пособие	Санкт-Петербург: Лань, 2022	Электронный ресурс
Л1.2	Шахов В. Г.	Термодинамика и теплопередача: учебное пособие	Самара: Самарский университет, 2022	Электронный ресурс
Л1.3	Кузнецов Ю. В., Никифоров А. Г.	Теплотехника для агроинженеров: учебник для вузов	Санкт-Петербург: Лань, 2024	Электронный ресурс
6.1.2. Дополнительная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л2.1	Круглов Г. А., Булгакова Р. И., Круглова Е. С.	Теплотехника: учебное пособие	Санкт-Петербург: Лань, 2022	Электронный ресурс
Л2.2	Разаков М. А.	Процессы и аппараты пищевых производств. Лабораторный практикум: учебное пособие для вузов	Санкт-Петербург: Лань, 2024	Электронный ресурс
Л2.3	Антипов С. Т., Овсянников В. Ю., Панфилов В. А., Потапов А. И.	Конструирование аппаратов будущего пищевых технологий (научно-технические аспекты): учебник	Санкт-Петербург: Лань, 2022	Электронный ресурс
Л2.4	Канаев М. А., Толпекин С. А., Баймишев Р. Х., Александрова Е. Г., Канаева Е. С., Макушин А. Н., Романова Т. Н.	Процессы и аппараты пищевых производств. Лабораторный практикум: учебное пособие	Самара: СамГАУ, 2024	Электронный ресурс
6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"				

Э1	Московский государственный университет пищевых производств Министерства образования и науки Российской Федерации.
6.3.1 Перечень программного обеспечения	
6.3.1.1	OC Windows XP
6.3.1.2	SuperNovaReaderMagnifier
6.3.1.3	KOMPAS-3D
6.3.1.4	Комплект программ AutoCAD
6.3.1.5	bCad Витрина
6.3.1.6	Project 2016
6.3.1.7	Visio 2016
6.3.1.8	VisualStudio 2015
6.3.1.9	Office 2007 Suites
6.3.1.10	MozillaFirefox
6.3.1.11	Справочная правовая система КонсультантПлюс
6.3.1.12	Электронный периодический справочник «Система Гарант»
6.3.1.13	OfficeStandard 2010
6.3.1.14	OC Windows 10
6.3.1.15	OpenOffice 4.1.1
6.3.2 Перечень информационных справочных систем	
6.3.2.1	Электронный периодический справочник «Система ГАРАНТ». Полнотекстовый, обновляемый. Доступ по локальной сети академии
6.3.2.2	Электронная библиотечная система издательства «Лань». Полнотекстовая электронная библиотека. Индивидуальный неограниченный доступ через фиксированный внешний IP адрес академии неограниченному количеству пользователей из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет. http://e.lanbook.com

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)			
Аудитория	Вид работ	Назначение	Оснащенность
1-502	Лек	Учебная аудитория	Доска ученическая настенная трехэлементная (1 шт.), демонстрационное оборудование (экран с электроприводом СЕНА EcMaster Electric 180*180 (1 шт.), ноутбук, проектор) и учебно-наглядные пособия, кафедра лектора настольная (1 шт.), стол ученический 4-х местный на металлокаркасе (26 шт.), стул полумягкий (1 шт.), скамейка 4-х местная на металлокаркасе (25 шт.), настенные плакаты и стенды (9 шт.)
1-501	СР	Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации (персональные компьютеры) (3 шт.). Стол ученический 2-х местный (5 шт.), стул ученический (7 шт.)
1-506	За	Учебная аудитория	Доска ученическая настенная трехэлементная, столы (15 шт.), стулья (23 шт.), стенды (3 шт.), тренажерно-диагностический комплекс «Кондиционер», тренажерно-диагностический комплекс «Холодильник», тестораскаточная машина Imperia, фильтр комбинированный, Тестомес Fimar 7/S
1-506		Учебная аудитория	Доска ученическая настенная трехэлементная, столы (15 шт.), стулья (23 шт.), стенды (3 шт.), тренажерно-диагностический комплекс «Кондиционер», тренажерно-диагностический комплекс «Холодильник», тестораскаточная машина Imperia, фильтр комбинированный, Тестомес Fimar 7/S

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Методика изучения курса предусматривает наряду с лекциями и практическими занятиями, организацию самостоятельной работы студентов, проведение консультаций, осуществление текущего и промежуточного форм контроля. Система знаний по дисциплине формируется в ходе аудиторных и внеаудиторных (самостоятельных) занятий. Используя

лекционный материал, учебники и учебные пособия, дополнительную литературу, проявляя творческий подход, аспирант готовится к практическим занятиям, рассматривая их как пополнение, углубление, систематизация своих теоретических знаний.

Для освоения дисциплины студентами необходимо:

1. Посещать лекции, на которых в сжатом и системном виде излагаются основы дисциплины: даются определения понятий, методов, которые должны знать студенты. Студенту важно понять, что лекция есть своеобразная творческая форма самостоятельной работы. Надо пытаться стать активным соучастником лекции: думать, сравнивать известное с вновь получаемыми знаниями, войти в логику изложения материала лектором, следить за ходом его мыслей, за его аргументацией, находить в ней кажущиеся вам слабости. Во время лекции можно задать лектору вопрос, желательно в письменной форме, чтобы не мешать и не нарушать логики проведения лекции. Слушая лекцию, следует зафиксировать основные идеи, положения, обобщения, выводы. Работа над записью лекции завершается дома. На свежую голову (пока еще лекция в памяти) надо уточнить то, что записано, обогатить запись тем, что не удалось зафиксировать в ходе лекции, записать в виде вопросов то, что надо прояснить, до конца понять. Важно соотнести материал лекции с темой учебной программы и установить, какие ее вопросы нашли освещение в прослушанной лекции. Тогда полезно обращаться и к учебнику. Лекция и учебник не заменяют, а дополняют друг друга.
2. Посещать практические занятия, к которым следует готовиться и активно на них работать. Задание к занятию выдает преподаватель. Задание включает в себя основные вопросы, задачи для самостоятельной работы, литературу. Практические занятия начинаются с вступительного слова преподавателя, в котором называются цель, задачи и вопросы занятия. В процессе проведения занятий преподаватель задает основные и дополнительные вопросы, организует их обсуждение. На практических занятиях разбираются задания, выданные для самостоятельной работы, заслушиваются реферативные выступления. Студенты, пропустившие занятие, или не подготовившиеся к нему, приглашаются на консультацию к преподавателю. Практическое занятие заканчивается подведением итогов: выводами по теме и выставлением оценок.
3. Систематически заниматься самостоятельной работой, которая включает в себя изучение материалов учебников и статей из литературы, решение задач. Задания для самостоятельной работы выдаются преподавателем.
4. Под руководством преподавателя заниматься научно-исследовательской работой, что предполагает выступления с докладами на научно-практических конференциях и публикацию тезисов и статей по их результатам.
5. При возникающих затруднениях при освоении дисциплины, для неуспевающих студентов и студентов, не посещающих занятия, проводятся консультации, на которые приглашаются неуспевающие студенты, а также студенты, испытывающие потребность в помощи преподавателя при изучении дисциплины.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ

в 20__ /20__ учебном году

Актуализированная рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании выпускающей кафедры, протокол № ____
от _____

Заведующий выпускающей кафедрой _____

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ

в 20__ /20__ учебном году

Актуализированная рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании выпускающей кафедры, протокол № ____
от _____

Заведующий выпускающей кафедрой _____

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ

в 20__ /20__ учебном году

Актуализированная рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании выпускающей кафедры, протокол № ____
от _____

Заведующий выпускающей кафедрой _____

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ

в 20__ /20__ учебном году

Актуализированная рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании выпускающей кафедры, протокол № ____
от _____

Заведующий выпускающей кафедрой _____

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ

в 20__ /20__ учебном году

Актуализированная рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании выпускающей кафедры, протокол № ____
от _____

Заведующий выпускающей кафедрой _____

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ

в 20__ /20__ учебном году

Актуализированная рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании выпускающей кафедры, протокол № ____
от _____

Заведующий выпускающей кафедрой _____